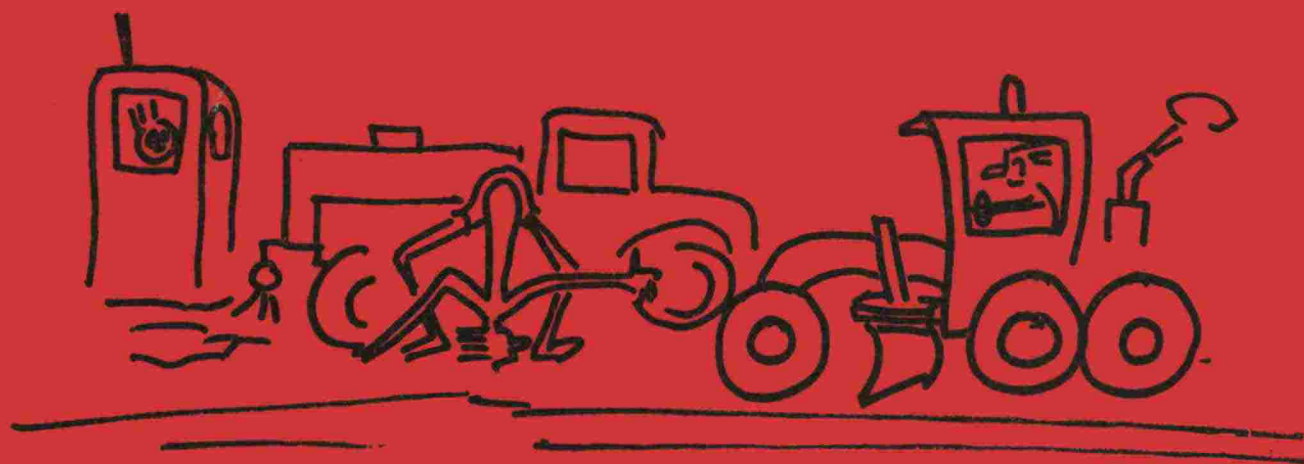


SITOMATTOMAN KERROKSEN VIIMEISTELY JA KUNNOSSAPITO



TIE- JA VESIRAKENNUSHALLITUS
JÄRJESTELYTOIMISTO 1970

SELVITYS KERROSTEN VIIMEISTELYSTÄ JA
KUNNOSSAPIDON TYÖMENETELMISTÄ

Dipl.ins. Erkki Nevala
TVL Uudenmaan piiri

Sisällysluettelo

1. Johdanto
2. Tutkimusmateriaali ja sen käsittely
3. Tutkimustulokset
 - 3.1 Tasoitus
 - 3.11 kunnossapitotasoitus
 - 3.12 viimeistelytasoitus
 - 3.2 Kastelu
 - 3.3 Pölynsidonta
 - 3.4 Tiivistys
4. Yhteenveto

Sitomattoman kerroksen viimeistely ja kunnossapito.

J O H D A N T O

1.

Keväällä 1969 tie- ja vesirakennushallitus siirsi alkukesällä aloitettavaksi suunniteltujen päällystystöiden aloittamisajankohtaa myöhäisemmäksi silloisen rahoitustilanteen takia. Tästä syystä oli odotettavissa jo valmistuneiden tai valmistumassa olevien sitomattomien kerrosten ylimääräistä kunnossapitotyötä. Koska odotettavissa olevien töiden ja työmäärien ennakoarviointia varten ei ollut käytettävissä luotettavaa tietoa, järjesti tie- ja vesirakennushallitus sitomattoman kerroksen kunnossapitoa selvittävän ja kartoittavan tutkimuksen. Tutkimus ulotettiin samalla käsittämään myös viimeistelytyöt. Päätavoitteiksi asetettiin työnsuunnittelussa tarvittavien seikkojen selvittäminen. Näin ollen on tutkimuksessa kiinnitetty päähuomio:

- 1) työtapauksiin ja työmenetelmiin
- 2) tarvittaviin resursseihin
- 3) materiaali- ja aikamenekkeihin
- 4) kapasiteetteihin.

Tutkimus koskee pääasiassa kantavan kerroksen sitomattoman osan viimeistelyä ja kunnossapitoa. Rajaus ei ole ehdoton, vaan myös jakavalta kerrokselta saatua aineistoa on käytetty soveltuvin osin tutkimusmateriaalin tukena.

Vastaavasti voidaan saatuja tuloksia harkiten soveltaa jakavalle kerrokselle.

Ajallisesti tutkimuksen piiriin kuuluvat ne kerroksen liikennöitävyyden tai laadun parantamiseksi tehtävät työt, jotka suoritetaan seuraavien tapahtumien välisenä aikana:

- 1) kerros on kerran tiivistetty lopulliseen korkeuteen
- 2) seuraavan rakennekerroksen teko poikkileikkauksessa alkaa.

Lisäksi on oleellista, että tutkimus rajoittuu koskemaan vain yleisellä liikenteellä olevia, kaksikaistaisia, rakenteilla olevia teitä.

Tutkimus jakaantuu luonteeltaan kahteen erilaatuiseen aihepiiriin, kunnossapitoon ja viimeistelyyn. Käsitteet "kerroksen kunnossapito" ja "kantavan kerroksen viimeistely" on tätä tutkimusta varten määritelty seuraavasti:

KERROKSEN KUNNOSSAPITO: Kerroksen kunnossapidolla ymmärretään niitä jatkuvia tai toistuvia töitä, jotka on tehtävä sitomattoman kerroksen pitämiseksi liikennöitävässä kunnossa sen jälkeen, kun kerros on ajettu ja tiivistetty täyteen korkeuteen. Kunnossapitotyöt katsotaan päättyneiksi, kun seuraava rakennusvaihe, eli kerroksen viimeistely alkaa.

Määritelmän mukaan kunnossapitotyöt tarkoittavat liikenteen ja sään aiheuttamien, liikennettä haittaavien tekijöiden poistamista määritelmän edellyttämässä olosuhteissa. Tällaisia töitä ovat mm. liikennekuoppien tasoitus, irtokivien poistaminen tai kiinnijyrääminen ja pölynsidonta.

KANTAVAN KERROKSEN VIIMEISTELY: Kantavan kerroksen viimeistelyllä tarkoitetaan kerran lopulliseen korkeuteen ja tiiveyteen rakennetun kantavan kerroksen sitomattoman osan saattamista tie- ja vesirakennushallituksen laatuvaatimusten edellyttämään kuntoon sidotun kerroksen tai päällysteen rakentamista varten.

Kantavan kerroksen viimeistelyyn kuuluu mm. tasaisuus- ja korkeusvirheiden korjaus, irrallisen kiviaineksen kiinnijyräys ja laadunvalvonnan edellyttämät mittaukset ja määritykset.

Viimeistelytöitä aiheuttavia tekijöitä ovat mm ensimmäisen tasoituksen suurpiirteisyys, tiivistyksen aiheuttamat tasaisuuden, muodon ja korkeuden muutokset, sekä liikenteen ja sään aiheuttamat vastaavat tekijät. Huomattava on, että se, tavallaan kunnossapidoksi luettava lisätö, minkä yleinen liikenne aiheuttaa viimeistelytöiden aikana, on tässä tutkimuksessa luettu viimeistelytöihin kuuluvaksi.

Tutkimuksessa käytetyn terminologian selventämiseksi määritellään lisäksi käsitteet "tasoituskapasiteetti" ja "toistuvuus".

TASOITUSKAPASITEETTI: Tasoituskapasiteetti on valmistuneen kerroksen pinta-alan ja tasoitukseen käytetyn ajan osamäärä.

TOISTUVUUS: Toistuvuus on työvaihekertojen uusiutumistiheys aikayksikössä (työnvaihe kpl/kk). Toistuvuus ilmoittaa, kuinka monta kertaa kuukaudessa kyseistä työtä vallitsevissa olosuhteissa on tehty.

Edellä määriteltyjen käsitteiden lisäksi on tutkimuksessa käytetty maanrakennusalan työntutkimuksen määrittelemiä kapasiteetti-, aika- ja määräkäsitteitä.

TUTKIMUSMATERIAALI JA SEN KÄSITTELY 2.

Tutkimuksen perustana oleva työntutkimusmateriaali on kerätty tie- ja vesirakennushallituksen järjestelytoimiston antamien ohjeiden mukaan aikavälillä - 1.5. - 1.10.1969 tie- ja vesirakennuslaitoksen työntutkimustoimistojen toimesta. Tutkimuksia on tehty TVL:n kahdeksan eri piirin alueella.

Työmaiden yhteenlaskettu pituus on 93 km, ja tutkimusten kokonaiskesto noin 1,5 vuotta. Keskimääräinen prosessitutkimusten (10 kpl) kesto on ollut 1,8 kk.

Materiaali on kerätty ajoradaltaan 7-11 m leveiltä 0,5 - 11,5 km pitkiltä tieosuuksilta. Liikennemäärä (KKVL) on tutkituilla tieosuuksilla vuosien 1967 - 1968 liikennelaskentojen mukaan vaihdellut välillä 700 - 2000 hay/vrk. Maastotutkimukset on suoritettu pääasiassa normaalia kuivempien ja lämpimämpien kesäkuukausien aikana. Materiaali voidaan näinollen katsoa jakaantuvan melko edustavasti eri dimensioisille kaksikaistaisille tieosuuksille. Sen sijaan sään ja liikennemäärän hajontaa voidaan pitää riittämättömänä.

Kenttätutkimusten huomattavimpana puutteena on pidettävä ilmeisesti laatuluokitusjärjestelmän tai ohjeiden puuttumisesta johtuvana laatuhavaintojen puuttumista ennen ja jälkeen työsuorituksen. Laatuarvostelun puuttumista ei tutkimustuloksia käsiteltäessä ole voitu korjata. Sen sijaan muiden maastotutkimuksissa ilmenneiden puutteellisuuksien mahdollisesti aiheuttamat virhearvioinnit on pyritty käsittelyvaiheessa eliminoimaan karsi-

malla perusteiltaan epäselvät havainnot joko kokonaan tai epävarmoilta osin käsittelyn ulkopuolelle.

Karsinnan perusteina on pidetty:

- 1) työnkuvauksen selvyyttä
- 2) työn ajoittumista työprosessissa
- 3) oikeata dimensiointia
- 4) dimensiomuutoksiin, tai selittäjien määräämiseen tarvittavien mittojen ja arvojen selvää esittämistä
- 5) tulosten sijoittumista selvien havaintojen joukkoon.

Edellä mainituin perustein suoritettulla kenttätutkimusten karsimisella on pyritty parantamaan tutkimuksessa esitetyn tiedon tarkkuutta. Huomattava kuitenkin on, että esitettyjä tuloksia ei ole voitu kirjallisuustiedon ja vertailevien tutkimusten puuttuessa välittömästi testata ulkopuolista tietoa vastaan. Tulosten sovelluksessa onkin edellytettävä varovaisuutta ja niiden pohjalta laadittavilta standardeilta testausta esimerkiksi määräpisteissä suoritetuilla käytännön kokeilla.

3. T U T K I M U S T U L O K S E T

3.1 T a s o i t u s

3.11 KUNNOSSAPITOTASOITUS

KUNNOSSAPIDON TASOITUSASTE

Kunnossapitotasoituksen tasoituskapasiteettien selittämiseksi on määritelty käsite "kunnossapidon tasoitusaste". Tasoitusaste ryhmittelee kunnossapitotasoituksen työmäärän mukaan viiteen eri ryhmään:

1. Y l i m a l k a i n e n t a s o i t u s: Tasoitus suoritetaan vain ajoradan osalta. Ajokertoja kahdesta kolmeen tien poikkileikkausta kohti.

2. K e v y t t a s o i t u s: Tasoitus on edellistä perusteellisempi, mutta massojen käsittely on edelleen vähäistä. Tasoitettavia karheita ei muodostu. Ajokertoja neljä tien poikkileikkausta kohti.

3. R a s k a s t a s o i t u s: Massojen käsittelyllä merkitystä. Kahden tasoituskierron jälkeen tien keskilinjalle muodostuu karhe, joka levitetään yhdellä ajokerralla. Ajokertoja viisi tien poikkileikkausta kohti.

4. E r i t t ä i n r a s k a s t a s o i t u s: Massojen käsittely huomattavaa. Kahden ajokierron jälkeen muodostunut karhe tasoitetaan kolmella ajokerralla. Ajokertoja yhteensä seitsemän tien poikkileikkausta kohti.

5. S y v ä t a s o i t u s: Kerros rikotaan ja tasoitetaan uudelleen. Ajokertoja molemmissa vaiheissa kuusi, yhteensä kaksitoista tien poikkileikkausta kohti.

KAPASITEETTIKERROIN a2 SEKÄ TASOITUSKAPASITEETIT K2 ja K3
a2-kerroin

Kunnossapitotasoituksen kapasiteettikertoimet a2 ja K2-tasoituskapasiteetit on määrätty kymmenen lisääikatutkimuksen perusteella. Kapasiteettikerroin on todettu satunnaissuureksi, jonka keskiarvo on 0,90 ja keskihajonta 0,034. Lisäksi on liikenteen sekä laitoksen omille koneille tulevan huoltotyön todettu vaikuttavan a2-kertoimeen. Tutkimustulokset on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. a2-kertoimet sitomattoman kerroksen kunnossapitotasoituksessa:

Kone TH 14

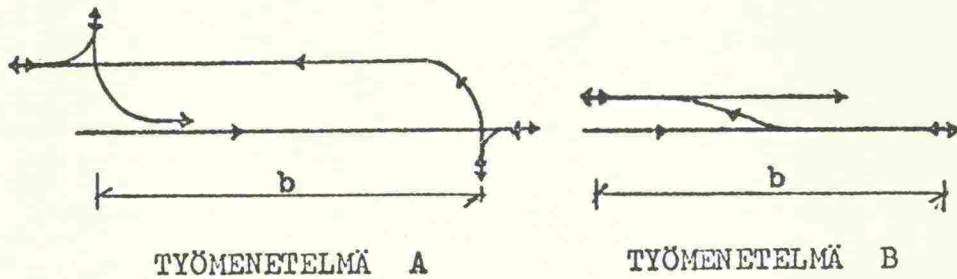
Liikenne (n.8 m tiellä)	Vuokra-kone	TVL:n oma kone	75 % varmuusväli
alle 2000 hay/vrk	0,90	0,89	\pm 0,04
noin 2000 hay/vrk	0,89	0,88	\pm 0,04

Taulukon mukaiset a2-kertoimet edellyttävät, että kone on työpisteessä työn alkaessa.

K2-kapasiteetti

Kunnossapitotasoitusta on tutkimuksen mukaan tehty kahdella työmenetelmällä, kuvio 1.

Kuvio 1. Työmenetelmät sitomattoman kerroksen kunnossapitotasoituksessa



Työmenetelmässä A on mitta b (kääntöpisteiden välimatka) vaihdellut välillä 0,75 - 11,35 km, työmenetelmässä B mitta b (peruutusmatka) on ollut 0,16 km.

Tutkimustulokset on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Tiehöylän TH 14 K2-tasoituskapasiteetit sitomattoman kerroksen kunnossapitotyössä.

Kunnossapidon tasoitusaste	työmenetelmä (kuvio 1)	hav (kpl)	K2-kapasit. (a/h)	
			Vaihtelualue	keskim.
2. Kevyt	A	4	86 - 104	94,2
3. Raskas	A	2	37 - 47	42,2
4. Eritt.raskas	A	2	36 - 38	36,7
5. Syvä	A	1		24,3

Tv K3-kapasiteetti

Tiehöylän TH 14 työnvaiheen aikaiset K3-tasoituskapasiteetit on määritetty 17 menekkitutkimuksen perusteella. Tutkimustulokset on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Tiehöylän TH 14 työvaiheen aikaiset K3-tasointus-
kapasiteetit sitomattoman kerroksen kunnossapito-
työssä. Työmenetelmä kuvion 1A mukainen.

Kunnossapidon tasointusaste	tutk. (kpl)	tv K3-kapasit. (a/h)	
		Vaihtelualue	keskim.
1. Ylimalkainen	5	115,0 - 132,0	118,5
2. Kevyt	7	59,0 - 84,0	73,5
3. Raskas	3	29,0 - 37,0	32,9
4. Eritt.raskas	2		29,4

Lisäaikatutkimuksilla mitatun K3-kapasiteetin ja työvaiheen-
aikaisen K3-kapasiteetin suhteen on todettu vaihtelevan välillä
0,83 - 0,97, ollen keskimäärin 0,90.

Kunnossapitotasointustyöryhmä muodostuu tiehöylästä kuljettajineen,
ts aputyövoimaa ei ole käytetty.

Työmäärät ja materiaalimenekki.

Tasointustyömäärien on todettu riippuvan työn toistuvuudesta ja
työssä saavutetusta kapasiteetista. Tasointuskapasiteetti taas
on oleellisesti riippuvainen tasointusasteesta. Taulukossa 4 on
esitetty kolmen eri tasointusastekombinaation edellyttämät toistu-
vuudet ja työmäärät edellä esitettyjen kapasiteettitietojen
mukaan.

Taulukko 4. Kunnossapitotasointustyön toistuvuus ja tasointus-
työmäärät.

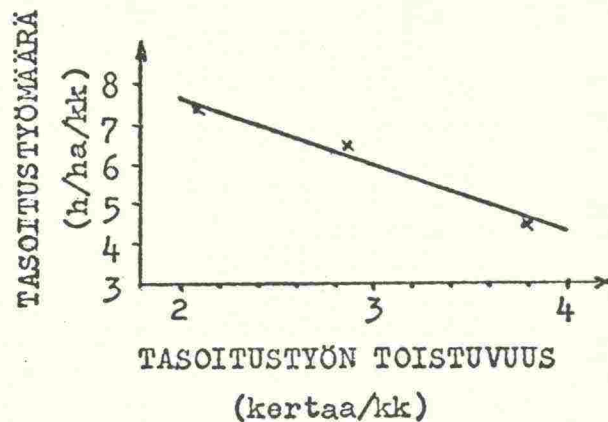
Kone TH 14.

Tasointuskertoja (kpl/kk)						Tasointustyö (h/ha/kk)
Tasointusaste					Yht.	
1	2	3	4	5		keskimäärin
2,28	1,14	0,38	-	-	3,80	4,63
-	1,43	0,95	0,48	-	2,86	6,47
-	-	1,40	-	0,70	2,10	7,56

Liikennemäärä on kaikissa tapauksissa ollut alle 2000 hay/vrk.

Taulukon 4 perusteella voidaan todeta kevyiden tasoituskertojen vaativan suurta toistuvuutta. Kevyiden tasoitusasteiden suuri kapasiteetti aiheuttaa kuitenkin sen, että pitemmällä ajanjaksoilla usein suoritettut kevyet tasoitukset tulevat edullisemmaksi kuin harvoin suoritettut raskaat tasoitukset. Toistuvuuden vaikutuksen tasoitustyömäärään tekee havainnollisemmaksi taulukon 4 perusteella piirretty kuvio 2.

Kuvio 2. Tasoitustyömäärän riippuvuus työn toistuvuudesta.
Kone TH 14.



Tasoitusaste selittää erittäin hyvin kunnossapitotasoituskapasiteetit ja tasoitustyön toistuvuuden. Todennäköistä kuitenkin on, että tasoitusasteella ja tasaisuuden laadulla on keskinäinen riippuvuus. Luomalla tasaisuuden arvostelemiseksi laatuluokitusjärjestelmä ja tutkimalla sen ja tasoitusasteen välinen vuoro-suhte, on ilmeisesti mahdollista löytää se taloudellisin tasaisuusluokka, jolloin tasaisuuden kohentamiseen on ryhdyttävä.

Kiviainesta kunnossapitotasoitukseen on käytetty tutkimuksen mukaan vain yhdessä tapauksessa 20:sta (\neq 0 - 18 mm á 16 m³itd/km). Ilmeistä on, että liikenteen aiheuttaman kiviaineshukka sisältyy viimeistelymassoihin. Kyseisen kiviainestappion suuruutta ei ole havaintotietojen puuttuessa voitu selvittää.

3.12 VIIMEISTELYTASOITUS

Viimeistelytasoitus jakaantuu tutkimuksen mukaan kahteen työn luonteen mukaiseen ryhmään:

1. karkea viimeistely
2. lopullinen viimeistely.

Ryhmään 1 kuuluviksi luetaan kerroksen ylimalkaiseen oikaisuun ja muotoiluun, sekä lisätyn kiviaineksen tasoitukseen kuuluvat työt. Ryhmään 2 kuuluvat työt tehdään karkean viimeistelyn jälkeen kerroksen muodon, korkeuden ja tasaisuuden saattamiseksi lopulliseen kuntoon.



Kuva 1. Karkea viimeistely.



Kuva 2. Lopullinen viimeistely.

Kapasiteettikerroin a2

Sitomattoman kerroksen viimeistelytasoituksen a2 kertoimet on määritetty 15 lisäaikatutkimuksen perusteella.

Tutkimuksen mukaan a2-kerroin on satunnaissuure, jonka keskiarvo on 0,858 ja keskihajonta 0,042. Lisäksi liikenteen nousu arvoon n. 2000 hay/vrk ja TVL:n omalle koneelle tulevat tankkaus ja huoltoajat aiheuttavat molemmat n. 1 % vähennyksen a2-kertoimeen. Tutkimustulokset on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. a2-kertoimet sitomattoman kerroksen viimeistelytasoituksessa. Kone TH 14.

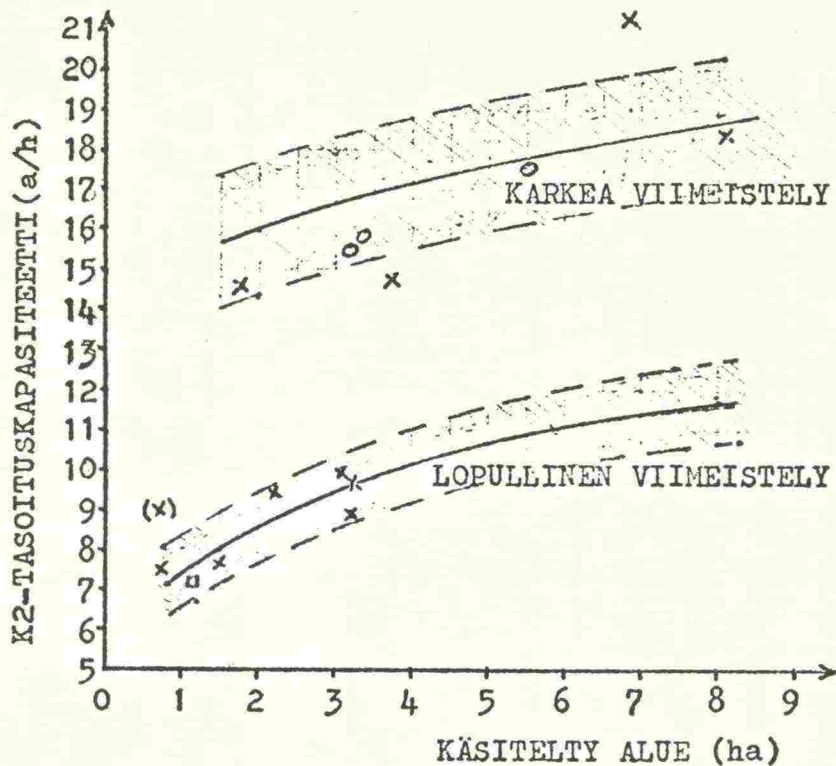
Liikenne (n.8 m tiellä)	Vuokrakone	TVL:n oma kone	68 % varmuusväli
alle 1700 hay/vrk	0,86	0,85	\pm 0,04
noin 2000 hay/vrk	0,85	0,84	\pm 0,04

Taulukon arvioihin eivät sisälly TVL:n omistamalle koneelle mahdollisesti työaikana sallittavat siirrot tukikohdan ja työpisteen välillä. Kyseiset siirtoajat voidaan arvioida käyttäen tiehöylän matkanopeutena arvoa 25-30 km/h.

Menetelmäkapasiteetti K2

Viimeistelytasoituskapasiteetti K2 on määrätty lisäaikatutkimusten (15 kpl) perusteella käyttäen tukena samanaikaisesti suoritettuja menekkitutkimuksia (21 kpl) huomioimalla keskimääräinen a2-kerroin = 0,858, sekä a2-kertoimen keskimääräinen korjaus $a = + 0,053$. Menekkitutkimusten K3-kapasiteetit on muunnettu K2-kapasiteeteiksi kaavalla $K2 = K3/0,805$. Tutkimusten yhdistämistä on perusteltu sillä, että niiden kestot tässä tapauksessa ovat likimäärin saman suuruisia ja tulokset näinollen yhteismitallisia. Havaintomäärän näin kasvaessa on katsottu myös tulosten luotettavuuden paranevan. Tutkimustulokset ilmenevät kuviosta 3.

Kuvio 3. Tiehöylän TH 14 K2-tasoituskapasiteetit sitomattoman kerroksen viimeistelyssä.



Työmenetelmä kuvion 1 B mukainen, peruutusmatka 100 - 200 m.

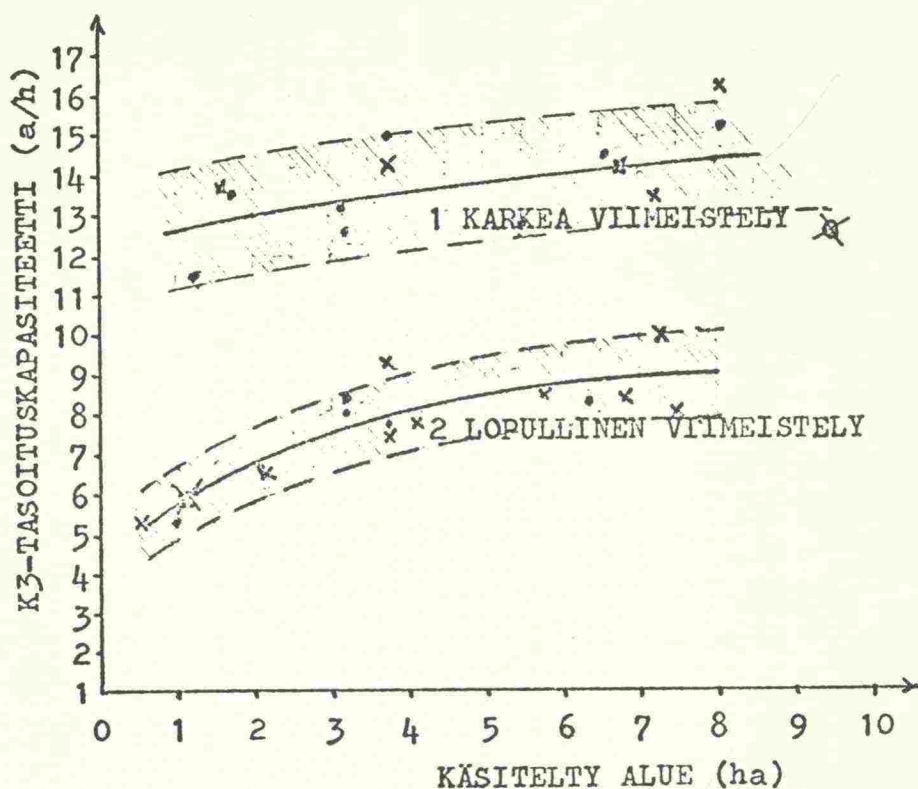
Kapasiteettien arvot ovat riippuvaisia työn luonteesta (karke- ja lopullinen viimeistely) sekä käsiteltävän alueen pinta-alasta. Käytetyt muuttujat selittävät noin 90 % tuloksiin vaikuttaneista tekijöistä.

Tv K3-kapasiteetti, työryhmät ja materiaalimenekki.

Tv K3-kapasiteetti on määritetty 17 menekkitutkimukseen, sekä 15:den kestoltaan lähes menekkitutkimuksiin rinnastettavan korjaamattoman lisäaikatutkimuksen perusteella. Tutkimukset käsittävät noin 50 ha tiealueen.

Tutkimustulokset on esitetty kuviossa 4.

Kuvio 4. Tiehöylän TH 14 tvK3-tasoituskapasiteetit sitomattoman kerroksen viimeistelyssä.



Työmenetelmä kuvion 1 B mukainen. Peruutusmatka 100 - 200 m.

Työvoiman käyttö viimeistelytasoitustyöryhmässä on tutkimuksen mukaan ollut erittäin vaihteleva. Tämä voi ainakin osittain johtua vaihtelevasta työvoiman kirjaamistavasta. Epäselvyyttä on sattunut ilmetä laadun tarkkailuun läheisesti liittyvien tasaisuus-, korkeus- ja kaltevuushavaintojen suorittajien kirjaamisessa joko viimeistelytyöryhmään kuuluviksi, tai omaksi ryhmäkseen. Täydentämällä tutkimusmateriaalia suppeahkolla haastattelututkimuksella on päädytty taulukon 6 mukaisiin työryhmiin. Työryhmien tehtäviin on sisällytetty välittömästi viimeistelytyön yhteydessä suoritettavat tasaisuus-, korkeus- ja kaltevuustarkistukset.

Taulukko 6: Työryhmät sitomattoman kerroksen viimeistely-tasoituksessa.

tiehöyliä (TH14)	työnjohtajia	aputyömiehiä	ylösottajia
1	0.5 - 1	3	0 - 1
2	1	4	0 - 1

Kiviainesta ~~#~~ 0 - 18 mm on 11 tapauksessa todettu käytetyn 0,0035 - 0,036 m³itd/m². Työstettävyyden parantamiseksi on tiehöylille ajettu vettä 0,0032 - 0,0104 m³/m², keskimäärin noin 8 mm. Tarpeellisten havaintotietojen puuttuessa ei materiaalimenekeille tämän tutkimuksen yhteydessä ole voitu määrätä selittäjiä.

K a s t e l u

3.2

a2-kerroin

Tutkimuksessa on todettu a2-kertoimen riippuvan lähinnä palkkaustavasta. Palkkaustavan mukaisen ryhmittelyn jälkeen kertoimen jakautuma on sattumanvarainen. Urakka-työssä on a2-kertoimen 70 % todennäköisyydellä todettu olevan $0,92 \pm 0,04$ (6 havaintoa). Aikapalkan mukaan hinnoitellusta työstä on kaksi havaintoa $a2 = 0,89$ ja $0,84$.

K2-kastelukapasiteetti

Kastelukaluston menetelmäkapasiteetti on määrätty kaavasta

$$K2 = \frac{V}{T2} \quad \begin{array}{l} V = \text{säiliötilavuus} \\ T2 = \text{työnkierron menetelmäaika} \end{array}$$

Menetelmäaika koostuu seuraavista T2 osa-ajoista:

- 1) säiliön täyttöaika (t1)
- 2) ajoaika kastelualueelle (t2)
- 3) säiliön purkausaika (t3)
- 4) auton kääntymisaika (t4)
- 5) paluu-aika vedenottopaikalle (t5)
- 6) kääntymisaika vedenottopaikalla (t6)

Laitteiden käsittelyyn kuluvat apuajat on jaottelussa luettava aikoihin t1 ja t3 kuuluviksi.

T2-osa-aikojen määrittämiseksi on ollut käytettävissä 68 kpl työnkiertotutkimuksia. Niiden mukaan ajomatkasta riippuvat ajat ovat seuraavan taulukon mukaiset:

t (km)	0 - 1	1 - 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	6 - 7	7 - 8
t2 (min)	1,50	1,20	1,80	3,30	5,25	7,15	7,10
t5 (min)	1,20	1,20	2,25	3,95	4,25	7,95	7,65
t2 + t5	2,70	2,40	4,05	7,25	9,50	15,10	14,75
havaintoja (kpl)	4	4	14	17	25	1	3

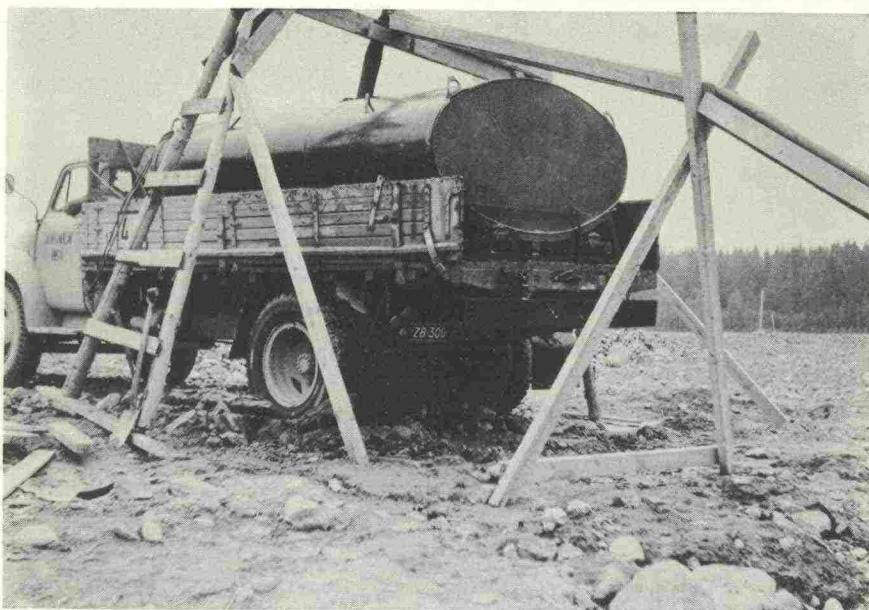
Tulosten luotettavuus on suurin ajomatkoilla 2 - 5 km.

Vakioituvista T2-osa-ajoista on seuraavat havainnot

- | | |
|---------------------------------|-----------------|
| 1) t1 = 1,46 min/m ³ | Bernhard W 112 |
| 2) t1 = 1,35 -"- | Iap 5 M |
| 3) t3 = 0,87 -"- | 2 aukkoinen |
| 4) t3 = 1,66 -"- | siiviläputki |
| 5) t4 = 0,75 min | kastelualueella |
| 6) t6 = 0,85 min | ottopaikalla |

Tutkimus on tehty yhdellä työmaalla. Tutkittujen pumppujen nettovirtaamat ovat olleet noin 1,0 m³/min.

Käytettäessä tästä poikkeavia pumppauskapasiteetteja, voidaan pumppausaika likimäärin arvioida jakamalla yllä esitettyjä yksikö-aikoja po kapasiteetillä. Vastaavasti on käytetty kahta erityyppistä veden levityslaitetta, kaksiaukkoista kastelulaitetta ja siiviläputkea. Näistä edellisen purkauskapasiteetti on 1,15 m³/min ja jälkimmäisen 0,60 m³/min.



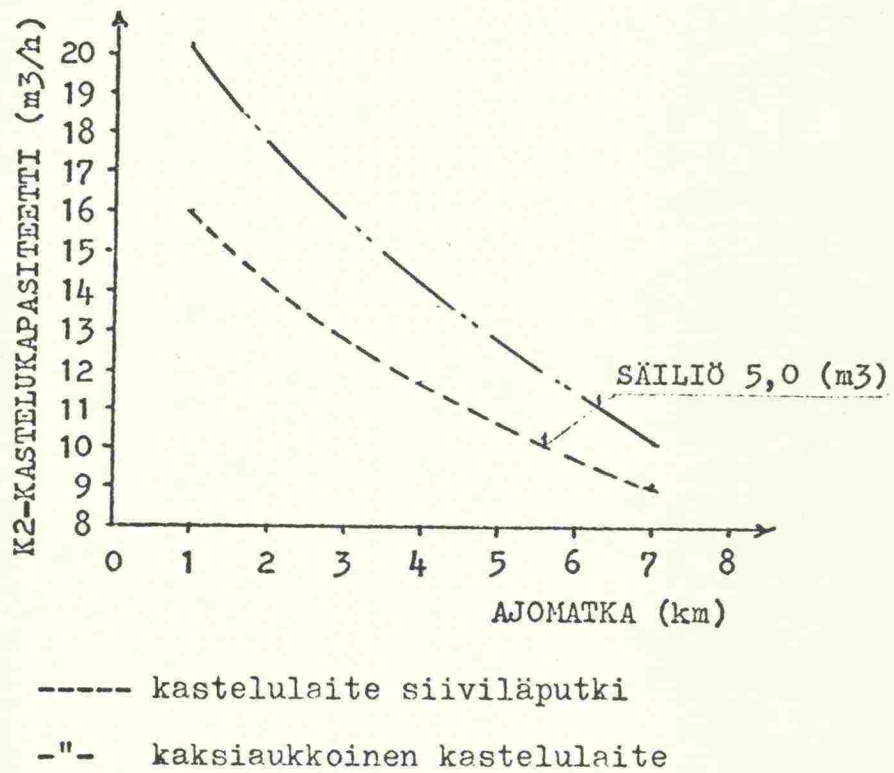
Kuva 3. Kaksiaukkoinen kastelulaite.



Kuva 4. Siiviläputki.

Edellä esitetyn perusteella on kastelukaluston K2-kapasiteetti arvioitavissa. Ottamalla lisäksi huomioon suoritettut lisäaikatutkimukset (7 kpl) on 5,0 m³ säiliökokoa ja 1,0 m³/min pumpppauskapasiteettiä vastaavat kastelukapasiteetit saatu kuvion 5 muotoon.

Kuvio 5. Kastelun menetelmäkapasiteetti säiliö 5 m³, pumpppauskapasiteetti 1 m³/h



Kuvion mukaiset kapasiteetit edellyttävät melko hyvää vedenotto- paikkaa. Kuljettajan edellytetään hoitavan sekä kastelu- että pumppulaitteet.

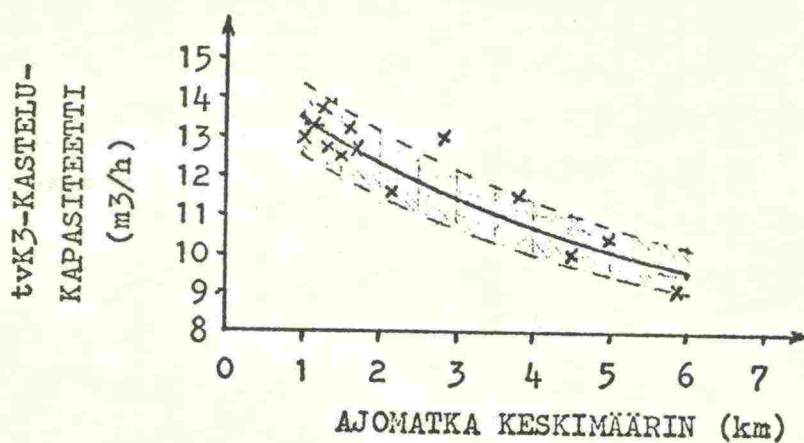


Kuva 5. Esimerkki hyvästä vedenottopaikasta.

TvK3-kapasiteetti ja työryhmät

Työnvaiheen aikaisen K3 kapasiteetin määrittämiseen on käytetty 34 kpl menekkitutkimuksia. Tutkimukset on suoritettu 15 työmaalla ja niiden aikana on käsitelty yhteensä 9800 m³ vettä. Tutkimustulokset on esitetty kuviossa 6.

Kuvio 6. Tv K3-kastelukapasiteetit. Pumppauskapasiteetti n. 1 m³/min, levityslaitteena siiviläputki. Säiliö 5 m³.



Muiden kalustoyhdistelmien kapasiteetteja ei tämän tutkimuksen yhteydessä ole määrätty. Kapasiteetit voidaan näissä tapauksissa arvioida työkiertoaikojen ja kapasiteettikertoimen perusteella.

Työryhmään kaluston lisäksi kuuluu vain autonkuljettaja. Aputyövoiman käyttöä pumpun hoitamisessa voidaan pitää perusteltuna, jos kasteluveden tarve ja ajokaluston kapasiteetti vastaa lähes pumpun nettovirtaamaa. Ylösottajan tarve on tapauksesta riippuva.

Kasteluvesimäärät

Kastelukapasiteetit sekä kunnossapito- että viimeistelytöissä vastaavat toisiaan. Sensijaan kasteluvesimäärissä on töiden luonteesta johtuen eroja. Kunnossapidon osalta kasteluvesimäärät käsitellään pölynsidontan yhteydessä. Viimeistelytöissä kolmen tutkimuksen mukaan on käytetty vettä 220 - 480 m³/ha, keskimäärin 380 m³/ha. Kastelu vastaa noin 40 mm sadetta. Selvää on, että säättekijät vaikuttavat kasteluveden tarpeeseen. Tämän tutkimuksen yhteydessä ei riippuvuuksia ole voitu selvittää.

3.3 P ö l y n s i d o n t a

Pölynsidontaa on tutkituilla työmailla suoritettu pääasiassa vesikastelulla ja /tai suolaamalla.

Vesikastelu

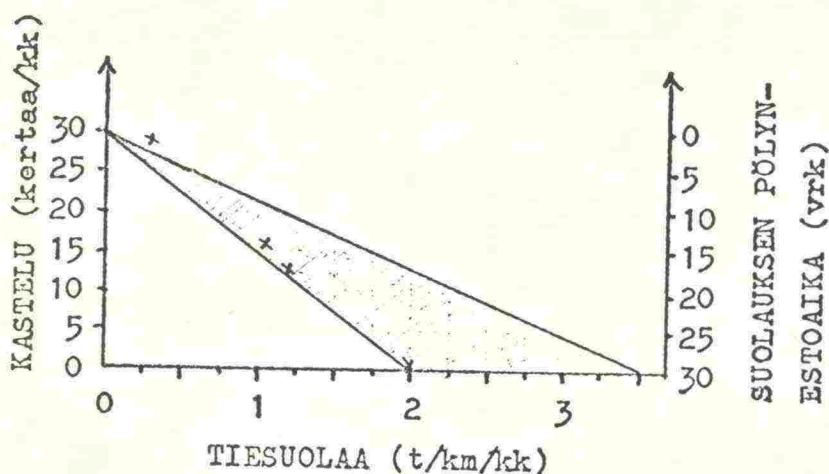
Kastelukapasiteetit on esitetty kohdassa 3.2.

Seuraavassa käsitellään kunnossapitokastelun toistuvuutta ja kasteluvesimääriä. Kastelukerraksi on luettu vuorokautinen kastelu.

Kastelun toistuvuus tutkituilla työmailla on ollut erittäin vaihteleva, kuten myös käytetyt vesimäärät. Vaihtelut on luettava lähinnä pölynesto-ohjeiden puuttumisen syyksi. Niiden kastelututkimusten mukaan, joiden yhteydessä on tehty pölyämishavaintoja, voidaan kuitenkin päivittäistä kastelua

poutasäällä pitää tarpeellisenä. Mikäli pölynsidonnessa käytetään lisäksi tiesuolaa, voidaan tarvittavat kastelukerramäärät arvioida kuvion 7 perusteella. Kuvio on laadittu yhdellä työmaalla tehtyjen tutkimusten, sekä kahdella työmaalla tehtyjen erillisten havaintojen perusteella. Sadepäivä on luettava kastelukerraksi.

Kuvio 7. Kastelukertojen riippuvuus käytetystä tiesuolamäärästä keskimääräisen lämpötilan ollessa yli 15°C.



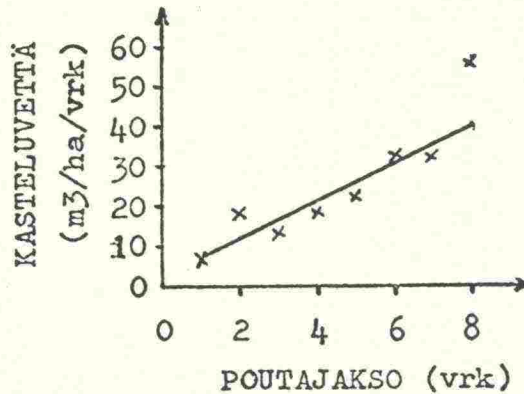
Kertakasteluun tarvittavan vesimäärän on todettu riippuvan lämpötilasta ja poutajakson ja pituudesta.

Taulukko 7. Kastelukerran vedenkulutus sitomattoman kerroksen kunnossapitokastelussa

Lämpötila °C	Kasteluvettä (m³/ha / vrk)		Havaint. (kpl)
	havaintoja väliltä	keskim.	
10 - 14,9	4,0 - 7,0	6,0	4
15 - 19,9	6,0 - 22,0	11,7	8
20 - 25	6,0 - 63,0	26,8	20

Viitteen poutajakson pituuden vaikutuksesta kertakastelun vesimäärään antaa yhdellä työmaalla tehtyyn tutkimukseen perustuva kuvio 8.

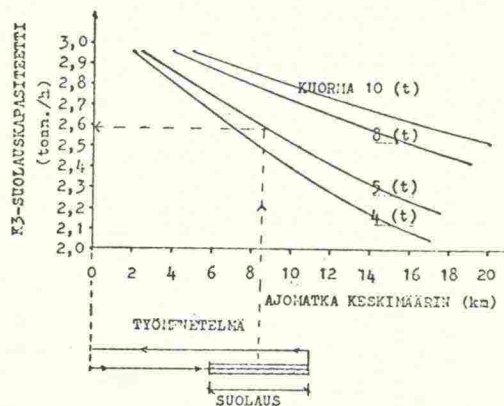
Kuvio 8. Poutajakson pituuden vaikutus sitomattoman kerroksen kunnossapitokastelumäärään päivälämpötilan ollessa $20 - 25^{\circ}\text{C}$.



S u o l a u s

Käytetyn tiesuolamäärän pölynestoaika on karkeasti arvioitavissa kuvion 7 perusteella. Suolauskapasiteetista antaa kuvio 9 likimääräisen kuvan.

Kuvio 9. Likimääräiset K₃-kapasiteetit tien suolauksessa hiekanlevitintä käytettäessä



Kuvio 9 on laadittu tutkittujen kuormaus- ja levityskapasiteettien sekä ajonopeuksien perusteella. Kuormauksessa on mukana 1 TRN05 ja 2 sekatyömiestä levityksen tapahtuessa hiekanlevittäjällä yhden sekatyömiehen ollessa apuna. Suolan levitys kasteluveteen sekoitettuna on todettu huomattavasti edellä selostettua menetelmää hitaammaksi (K3-kapasiteetti on 0,8 - 0,9 ton/h, säiliö 5 m³ ja ajomatka 5 km).



Kuva 6. Hiekanlevitin

Pölynsidontatutkimusten yhteydessä on suoritettu myös eri pölynsidonta-aineita vertaileva tutkimus. Tutkittavina aineina ovat olleet: CaCl_2 , $\text{CaCl}_2 + \text{NaCl}$ (1:1), lipeäliuos 6,5 %, lipeäliuos 13,0 % ja vesi. Pölynsidontakustannukset ovat vaihdelleet välillä 860 - 1370 mk/km/kk 6,5 % selluloosa-tehtaan jätelipeäliuoksen käytön ollessa kustannuksiltaan halvin ja tiesuolan kallein. Pölynsidonta vedellä on tutkimuksen mukaan maksanut 1100 mk/km/kk. Vastaavat ajomatkat ovat olleet 23, 4 ja <1 km. Huolimatta kustannusten selvästä jakautumasta ei tutkimuksesta sen suppeudesta ja vallinneista olosuhteista johtuen voida tehdä juuri minkäänlaisia johtopäätöksiä.

3.4 Tiivistys

Tiivistystyötä on tutkimuksen mukaan suoritettu sekä kunnossapito- että viimeistelytarkoituksessa. Kunnossapitotiivistyksen toistuvuus jakavalla kerroksella on ollut 1,09 - 2,40, keskimäärin 1,76 kertaa/kk (2 hav) ja kantavalla kerroksella 0 - 1,43, keskimäärin 0,81 kertaa/kk (5 hav). Viimeistelyssä käytetyt tiivistystyömäärät on todettu erittäin vaihteleviksi. Tämän tutkimuksen puitteissa ei tiivistystyömäärien riippuvuuksia ole voitu selittää.



Kuva 7. Viimeistelytiivistys kumipyöräjäyrällä.

4. YHTIENVETO

Edellä on selostettu kesäkaudella 1969 tie- ja vesirakennushallituksen toimesta suoritettujen kunnossapito- ja viimeistelytutkimuksen tulokset. Tärkeimpinä tuloksina on pidettävä tiehöylän kapasiteettien selvittämistä. Tutkimuksen suurimpana puutteena on pidettävä ennen ja jälkeen työn tehtyjen laatuhavaintojen puuttumista tai vajavuutta. Tämä johtunee pääasiassa kunnossapidon ja viimeistelyn laatuluokituksen puut-

tumisesta. Laatuhavaintojen ja laatuluokituksen puuttuminen on osaltaan vaikuttanut tulosten selittämistä ja heikentää myös tulosten sovellettavuutta. Puutteena on myös todettava vertailevien tutkimusten ja kirjallisuustiedon puuttuminen. Näistä syistä johtuen onkin tulosten soveltamisessa edellytettävä varovaisuutta ja todettava lisätutkimukset tulosten tarkistamiseksi tarpeellisiksi. Lisätutkimuksissa on erityinen huomio kiinnitettävä nimenomaan laatuhavaintoihin työn eri vaiheissa. Tätä varten on tarpeellista laatia tarkoitukseen sopiva laatuluokitusjärjestelmä.

Huolimatta edellä esitetyistä puutteista voidaan katsoa tutkimuksen likimäärin täyttävän sille asetetut tavoitteet sitomattoman kerroksen viimeistely- ja kunnossapitotöiden kartoittamiseksi. Tulosten luotettavuus on lisätutkimuksilla tarkistettavissa ja parannettavissa.

